

giessen

WINFRIED SCHÜTZ

Flammenphotometrische Untersuchungen von Calcium, Natrium und Kalium im Blutserum der Haustiere

Methodische Untersuchungen und Normalwerte

LANE MEDICAL LIBRARY
SAN FRANCISCO

*Aus dem Veterinär-Physiologischen Institut
der Justus Liebig-Hochschule in Gießen*

Direktor: Prof. Dr. V. Horn

Flammenphotometrische Untersuchungen von Calcium, Natrium und Kalium im Blutserum der Haustiere

Methodische Untersuchungen und Normalwerte

Auszug aus der

INAUGURAL-DISSERTATION

*zur Erlangung des Doktor-Grades der Veterinär-Medizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Hochschule zu Gießen*

Eingereicht von

WINFRIED SCHUTZ

Tierarzt

aus Briesnitz/Schlesien

Gießen 1954

Buchdruckerei Michael Laßleben Kallmünz über Regensburg

Mit Genehmigung der Veterinär-Medizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Hochschule Gießen

Dekan: Prof. Dr. H. Keller

Berichterstatter: Prof. Dr. V. Horn

Tag der mündlichen Prüfung: 20. Februar 1954

Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit

Inhalt

Einleitung	5
A) Gegenseitige Beeinflussung der Kationen	
Errechnung der Korrekturwerte	6
Errechnung der Na-Korrektur	6
Errechnung der K-Korrektur	7
Beeinflussung der Ca-Werte	8
B) Beeinflussung der Meßwerte durch verschiedenen Phosphorgehalt	
1. Der Einfluß auf die Ca-, Na- und K-Werte	11
2. Weitere Versuche mit Modellseren	13
3. Der Einfluß des Phosphors im Serum	14
C) Feststellung der Normalwerte im Blutserum der Haustiere	
1. Allgemeines	17
2. Messung	18
3. Meßergebnisse	19
4. Vergleichsuntersuchungen	22
a) Übersicht über die bisher angegebenen Werte	22
b) Prüfung der eigenen Ergebnisse	22
Zusammenfassung	25
Dankadressen	25
Literatur	26
Lebenslauf	27

Einleitung

Die Bestimmung von Calcium, Natrium und Kalium im Blutserum wird in zunehmendem Maße mit dem Flammenphotometer durchgeführt. Die Entwicklung ist noch zu sehr im Fluß, als daß sich eine einheitliche Methodik durchgesetzt hätte.

Die vorliegende Arbeit hatte zum Ziel, die Normalwerte des Ca, Na und K im Blutserum der Haustiere mit dem Flammenphotometer von Zeiß festzustellen. Das Prinzip der Flammenphotometrie und die Methodik, wie sie auch für die folgenden Untersuchungen angewandt wurde, ist bei Pigor (Diss. Gießen 1954) eingehend beschrieben. Ebenso wurde von ihm der Einfluß von Viskosität und Oberflächenspannung auf die Meßwerte untersucht und Korrekturbedingungen angegeben.

Die vorliegende Arbeit sollte zunächst die gegenseitige Beeinflussung der Kationen in der Flamme und ihre Korrekturmöglichkeiten untersuchen.

Ferner sollte der vermutete Einfluß des Phosphorgehaltes im Serum auf die Meßergebnisse ermittelt und auch hier die eventuell notwendige Korrektur errechnet werden.

Unter Verwendung der Ergebnisse Pigors (Berücksichtigung physikalischer Faktoren) und der eigenen Ergebnisse über den Einfluß der erwähnten chemischen Faktoren wurden dann die Normalwerte im Blutserum der Haustiere festgestellt. Untersucht wurden insgesamt 121 Seren.

Am Schluß finden sich die Ergebnisse von Vergleichsuntersuchungen, in denen die eigenen gefundenen Werte mit denen einer anderen flammenphotometrischen und einer chemischen Methode verglichen werden.

A) Gegenseitige Beeinflussung der Kationen

Eine der möglichen Fehlerquellen bei der Bestimmung des Calciums, Natriums und Kaliums im Blutserum mit dem Flammenphotometer ist die gegenseitige Beeinflussung der Ionen in der Flamme. Die Ionen der in der Flamme enthaltenen, verschiedenen Elemente können sich gegenseitig zu erhöhter Emission anregen und damit die Meßergebnisse beeinflussen.

Nur Ca, Na und K sind im Serum in größerer Menge enthalten. Andere Elemente, wie Cu und Fe, werden in relativ kleinen Mengen gefunden; daher ist im wesentlichen auch nur mit einer gegenseitigen Beeinflussung bei Ca, Na und K zu rechnen.

Die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen sollten den Grad dieses wechselseitigen Einflusses auf experimentellem Wege feststellen.

Ermittlung der Korrekturwerte

Es wurden Messungen an Modellseren durchgeführt. Unter einem Modellserum ist in diesem Zusammenhange eine Lösung von Ca-, Na- und K-Salzen in destilliertem Wasser zu verstehen, deren Konzentration an den genannten Stoffen jener eines normalen Serums entspricht. Da es sich jedoch als zweckmäßig erwiesen hat, zu flammenphotometrischen Untersuchungen Serumverdünnungen anstelle unverdünnter Seren zu messen, wurden die Modellseren auf einen Ca-, Na- und K-Gehalt gebracht, der der Konzentration verdünnter Seren entspricht. Für die Ca-Messung ist die Verdünnung 1:2 (ein Teil Serum auf einen Teil Aqu. dest.), für die Na- und K-Messung die Verdünnung 1:10 am günstigsten.

In acht Modellseren mit einem Gehalt von 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 mg% Ca wurde der Na-Gehalt jeweils von 140 bis 200 mg% verändert (140, 150, 160, 170, 180, 190 und 200 mg%), womit die physiologischen Schwankungen der beiden Elemente erfaßt waren. Der K-Gehalt betrug in allen Fällen 13,3 mg%.

Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen enthalten. Die Messung wurde bei einem Acetyldruck von 34 mm Wassersäule und bei einem Preßluftdruck von 0,5 atü durchgeführt. Die Blende war offen.

Errechnung der Na-Korrektur

Die beschriebenen Modellseren wurden für die Feststellung der Na-Korrektur verwandt, nachdem sie mit destilliertem Wasser auf

die günstigste Verdünnung von 1:10 (im Verhältnis zum Gehalt im Normalserum) gebracht worden waren. Von einer Veränderung der K-Konzentrationen konnte abgesehen werden, da in den Vorversuchen selbst extreme K-Werte keinen Einfluß auf das Na-Ergebnis hatten.

mg%	28	30	32	34	36	38	40	mg% (einem 1:10
3	401	410	422	432	441	451	459	verd. Ser. entspr.)
4	402	410	422	432	442	452	460	
5	400	410	422	433	442	450	461	
6	401	412	423	432	440	451	460	
7	402	414	421	431	441	451	459	
8	401	411	421	431	440	450	460	
9	400	410	420	432	441	452	459	
10	401	411	421	431	442	450	460	Teilstriche

Der durchschnittl.

Ausschlag: 401 411 421,7 431,7 441,1 450,9 459,9 Teilstriche

errechnetes

Soll: 396 406 417 427 436 444 453 Teilstriche

Differenz: 5 5 4,7 4,7 5,1 6,9 6,4 Teilstriche

D. in mg% für

unverd. Ser. 9 9 9,5 10,3 12,5 15,0 14,5 mg%

Die durchschnittliche Korrektur beträgt also = 3,3%

Fehler-

prozente: -0,1 -0,3 -0,3 -0,3 +0,2 +0,4 +0,3 %

Eine Messung des Na im Serum ist somit bei Anwesenheit von Ca (in physiologischer Menge) mit einem Fehler von plus 3,3% behaftet und kann unmittelbar korrigiert werden, wenn man einen Korrektionsfehler von maximal 0,4% in Kauf nimmt.

Der Korrekturwert des Na hat gegenüber dem des Ca den Vorteil, daß er, unabhängig vom Ca/Na-Verhältnis im physiologischen Bereich, fast stets die gleiche Größe hat.

Errechnung der K-Korrektur

Auch hier konnten die ursprünglichen Modellseren nach erfolgter Verdünnung im Verhältnis 1:5 (damit sie einem 1:10 verdünnten Serum entsprachen) verwandt werden. Der K-Gehalt war, wie erwähnt, immer der gleiche (= 2,66 mg% im 1:10 verdünnten Modellserum).

Ergebnisse

	3	4	5	6	7	8	9	10	mg% Ca
Na mg%									
140	533	534	535	537	536	533	532	533	
150	532	535	534	530	534	527	527	537	
160	533	533	537	526	536	528	527	537	
170	537	536	538	532	534	527	527	539	
180	538	538	538	536	536	532	525	535	
190	537	539	536	526	532	531	530	538	
200	535	539	537	525	533	530	530	535	Teilstriche

Mittelwerte	535	536,3	536	530,3	534,4	529,7	528,6	536,4	Teilstriche
-------------	-----	-------	-----	-------	-------	-------	-------	-------	-------------

Sollausschlag — 468 —

Differenz:	67	68,3	68	62,2	66,4	61,7	60,7	68,3	
------------	----	------	----	------	------	------	------	------	--

D. in mg%
für unverd.

Ser.:	4,3	4,4	4,4	4,0	4,3	3,9	3,9	4,4	mg%
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Die durchschnittliche Korrektur beträgt also 4,2 mg%
für 26,6 mg% = —15,8%.

Abweichungen vom Mittelwert:

	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3	0,2	mg%
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Fehlerprocente:

	0,4	0,8	0,8	0,8	0,4	1,1	1,1	0,8	%
--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---

Es zeigt sich auch bei den Kalium-Meßwerten, daß man mit einem allgemeinen Korrekturglied auskommen kann. Es beträgt, unabhängig von den Schwankungen der Ca- und Na-Werte im Serum, —15,8%. Die erhaltenen Werte sind dann noch mit einem Fehler von maximal 1,1% behaftet.

Beeinflussung der Ca - Werte

Die Modellseren sind die auf Seite 6 beschrieben und entsprechen einem 1:2 verdünntem Serum.

mg% Ca	3	4	5	6	7	8	9	10
Na								
140	89	109	128	147	165	184	207	221
150	91	111	130	149	167	186	205	224
160	93	113	132	151	169	188	207	227

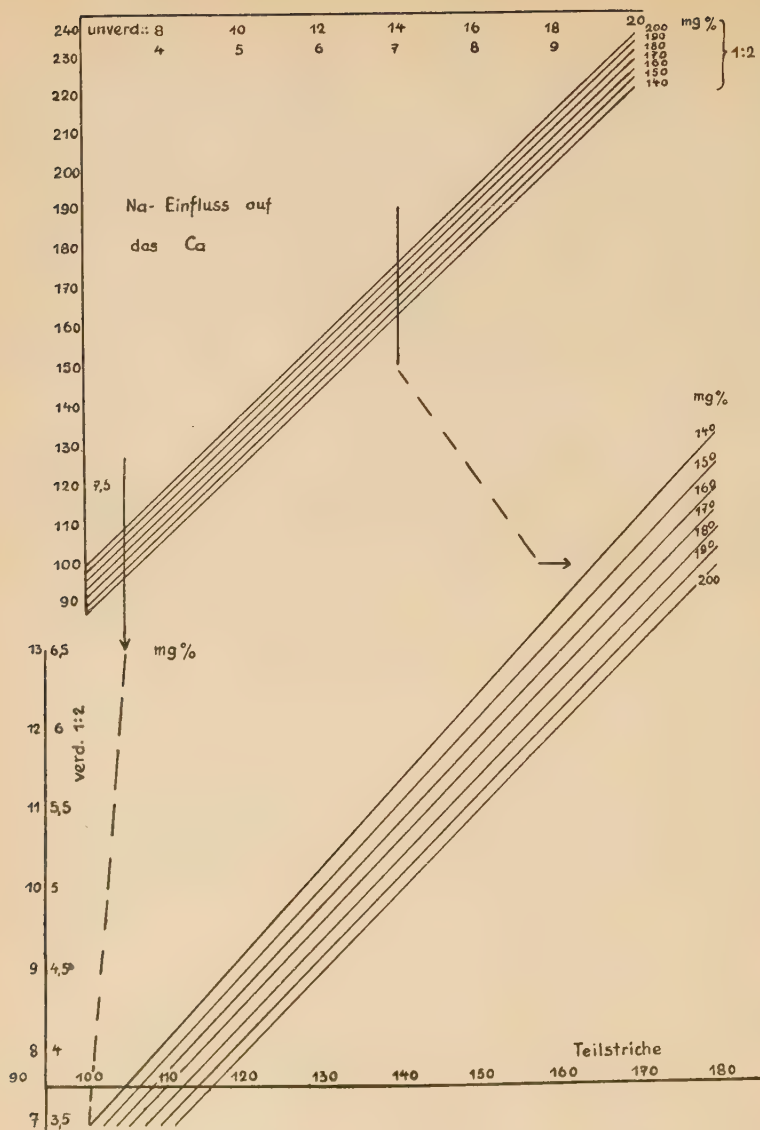
mg% Ca	3	4	5	6	7	8	9	10	
Na									
170	95	115	134	153	173	191	210	230	
180	97	117	136	156	175	193	213	232	
190	99	119	138	158	177	195	214	233	
200	101	121	140	159	178	197	216	235	Teilstriche

Mit Hilfe der Eichkurven der Apparatur (Pigor, 1) und unter Zugrundelegung der obigen Tabelle konnte eine Parameterdarstellung angelegt werden, die es gestattet, die Korrekturen der Ca-Werte je nach Na-Gehalt schnell und hinreichend genau abzulesen.

Das Ergebnis dieser Untersuchung bestätigte die schon vorher gemachte Erfahrung, daß die Ca-Werte durch Anwesenheit des Natriums erhöht werden. Der Korrekturwert sinkt bei einem Ca-Anstieg von 6 bis 20 mg% im unverdünnten Serum:

bei einem Na-Gehalt von 280 mg% von 2,9 auf 2,1 mg%,
bei einem Na-Gehalt von 400 mg% von 4,1 auf 3,5 mg%.

Die folgende Parameterdarstellung ermöglicht es, für Bestimmungen mit der vorliegenden Versuchsanordnung die notwendigen Korrekturen unmittelbar anzubringen.



B) Beeinflussung der Meßwerte durch verschiedenen Phosphorgehalt

Auf empirischem Wege wurde festgestellt, daß ein Phosphatgehalt in der zu untersuchenden Substanz den mit dem Flammenphotometer erhaltenen Ca-Wert anscheinend erniedrigt.

Um festzustellen, inwieweit diese Phosphorbeeinflussung sich auch auf die Werte der anderen Elemente erstreckt und wie groß die Abweichungen bei der Ca-Messung sind, wurden Versuche teils mit Modellseren, teils mit Serum durchgeführt.

1. Der Einfluß auf die Ca-, Na- und K-Werte

Zur Messung kamen Modellseren mit einem Gehalt von 6, 8, 10, 12, 14 und 16 mg% P. [Verwendung von Na_2HPO_4 (Merck)].

Die Ca-Konzentration wurde so eingestellt, daß sie einem normalen, 1:2 verdünnten Serum entsprach (5, 6, 7, 8, 9, 10 mg%), der Na-Gehalt wurde zwischen 150 und 200 mg% variiert. Der K-Gehalt betrug in jedem Modellserum 13,3 mg%. Zur Na- und K-Messung wurde weiter verdünnt (1:10).

Ergebnisse

Ca

Gehalt an Ca entspr. einem 1:2 verd. Ser.	5	6	7	8	9	10	mg%
Gemessener Ausschlag:	92	102	112	123	132	142	Teilstriche
Theoretischer Gehalt:	10	12	14	16	18	20	mg%
Gefunden:	6,1	6,9	7,7	8,65	9,4	10,2	mg%
Die Differenz beträgt also:	3,9	5,1	6,3	7,35	8,6	9,8	mg%
Für einen P- Gehalt von:	6	8	10	12	14	16	mg%

Na

Gehalt an Na entspr. einem 1:10 verd. Ser.	30	32	34	36	38	40	mg%
Gemessener Ausschlag:	412	422	432	441	450	460	Teilstriche
Theoretischer Gehalt:	300	320	340	360	380	400	mg%
Gefunden:	300	320	340	361	381	401	mg%
Die Differenz beträgt also:	0	0	0	1	1	1	mg%
Für einen P- Gehalt von:	6	8	10	12	14	16	mg%

K

Bei einem P- Gehalt von:	6	8	10	12	14	16	mg%
waren enthalten: 2,66 mg% K entsprechend einem 1:10 verdünntem Serum.							
Gemessener Ausschlag:	314	314	316	318	318	317	Teilstriche
Theoretischer K-Gehalt:	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	mg%
Gefunden:	26,4	26,4	26,6	26,8	26,8	26,7	mg%
Die Differenz beträgt also:	-0,2	-0,2	0,0	+0,2	+0,2	+0,1	mg%

Das Ergebnis dieser Versuche zeigt eine deutliche Erniedrigung der Ca-Werte unter dem Einfluß des P-Gehalts. Diese Erniedrigung ist umso größer, je mehr sich das Verhältnis von Ca zum P zugunsten des letzteren verschiebt.

Hat das Modellserum einen Gehalt von 6 mg% P gegenüber 5 mg% Ca, so ergibt sich bei der Verdünnung von 1:2 eine Erniedrigung von 1,9 mg% Ca. Steigt jedoch der P-Gehalt auf 16 mg% bei einer Erhöhung des Ca auf 10 mg%, ist also der Phosphor in großem Überschuß vorhanden, so beträgt die Erniedrigung 4,9 mg%.

Die enthaltenen Na- und K-Mengen werden dagegen ohne Verminderung wiedergefunden. Die Differenzen liegen im Fehlerbereich und können vernachlässigt werden. Selbst große Erhöhung des P-Gehalts bleibt ohne Einfluß.

Damit scheint erwiesen zu sein, daß der Energiehaushalt in der Flamme nicht für die Erniedrigung der Emission verantwortlich gemacht werden kann. Man hatte angenommen, daß der Phosphor eine größere Menge Energie absorbieren würde.

Es ist anzunehmen, daß durch Ausfällung von Ca (durch Bildung von Phosphaten beim Phosphorüberschuß) eine Verminderung der Werte eintritt. Bei den Modellseren mit sehr hohem P-Gehalt zeigte sich nach einigen Tagen ein leichter Niederschlag. Es muß angenommen werden, daß bei den Modellseren, die noch keinen Niederschlag zeigten, ein solcher bereits ultravisibel vorhanden war. Dadurch trat möglicherweise eine Änderung der Dispersion ein. (Folgen für die Vernebelung).

2. Weitere Versuche mit Modellseren

Der Versuch wurde mit zwei weiteren Modellseren wiederholt. Die Modellseren enthielten insgesamt

1) 10 mg% Ca	2) 5 mg% Ca
13,3 mg% K	13,3 mg% K
200 mg% Na	150 mg% Na
6 mg% P	6 mg% P.

Sie entsprachen damit einem 1:2 verdünntem Serum. Zur Na- und K-Messung wurde wiederum auf 1:10 verdünnt.

Ergebnis:

	Ca		Na		K	
Modellserum Nr.	1	2	1	2	1	2
Gemessener Ausschlag in Tstr.	142	92	460	412	318	315
in mg%:	10,2	6,1	401	300	26,8	26,5

Obwohl der P-Gehalt bei Modell Nr. 1 gegenüber dem entsprechenden Modellserum des vorigen Versuches statt 16 nur 6 mg% betrug, zeigte das Ca die gleiche Verminderung des zu erwartenden Ausschlages (statt 20 mg% nur 10,2 mg%). K und Na wurden unverringert wiedergefunden.

Auch das Modellserum Nr. 2 zeigte dieselben Ergebnisse wie das entsprechende des vorigen Versuches.

Eine Beeinflussung der Ca-Emission durch das Phosphor ist also anzunehmen, dagegen keine Beeinflussung des K und des Na.

Eine andere Versuchsanordnung mit dem löslichen Ca-Phosphat Ca (H₂PO₄)₂ anstelle des Na₂HPO₄ (ohne Zugabe von Na und K) — P-Gehalt 15,45 mg%, Ca-Gehalt 10 mg% — hatte folgendes Ergebnis:

Ausschlag: 115 Teilstriche = 5,75 mg%.

Von den enthaltenen 10 mg% Ca wurde nur etwas mehr als die Hälfte wiedergefunden. Hier kann eine Ca-Ausfällung dafür nicht verantwortlich gemacht werden. Der Begründung, daß der erhöhte Energieverbrauch (Anregung des P zur Emission) eine Verringerung der Ca-Emission bewirken könnte, ist entgegenzuhalten, daß dann auch die Na- und K-Werte hätten verringert sein müssen. Eine Möglichkeit der Erklärung wäre ein eventueller höherer Energieverbrauch durch die Trennung des Ca aus der Verbindung mit dem P. Ferner könnte, wie auch Fe und Cu (Belke und Dierkesmann, 2), Phosphor durch die geringe Flammentemperatur nicht zur Emission angeregt werden. Da aber P in weit größeren Mengen als diese Elemente im Serum enthalten ist, könnte der P eine Absorption bewirken.

3. Einfluß des Phosphors im Serum

Nachdem der erniedrigende Einfluß des P in den Modellseren nachgewiesen war, sollte noch die Frage geklärt werden, inwieweit Phosphor auch im Serum die Ca-Werte erniedrigt. Ein gleiches Verhalten war von vornherein nicht zu erwarten, da die Modellseren anorganische Lösungen darstellen, während der Phosphor im Serum zum größten Teil organisch gebunden ist.

Der Ca- und P-Gehalt im Serum wurde durch entsprechenden Zusatz von Ca-Phosphat — $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ — erhöht.

Zu den Versuchen wurden normale Rinder- und Kälberseren verwandt. Deren Ca-Gehalt wurde bestimmt und dann zugleich mit Ca-Phosphat auf die in der Tabelle ersichtlichen Werte gebracht. Drei Seren dienten lediglich der Kontrolle (Nr. 2, 4 und 6).

Ergebnisse

Serum Nr.	ursprüngl. Ca-Gehalt	durch Ca-Phosphat-Zugabe		Ergebnis		
		Ca erhöht auf	P- Erhöhung um	Teilstr. gemess.	Ca-Wert, gemessen	Differenz Gehalt Meßergebn.
1	10,2	12,2	3,1	150	11,9	0,3
2	10,7	12,7	—	157	12,5	0,2
3	10,3	20,3	15,45	210	18,3	2,0
4	10,7	20,3	—	229	20,2	0,1
5	11,0	21,0	15,45	220	19,4	1,6
6	11,0	21,0	—	228	20,2	0,8
	mg%	mg%	mg%	mg%	mg%	mg%

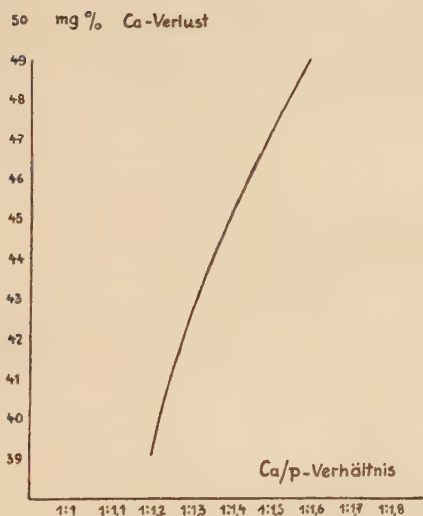
Setzt man einem Serum Ca^{++} zu, so erscheint bei der Messung die Gesamt-Ca-Menge geringgradig verringert. Setzt man dem Serum

jedoch zusätzlich ein Phosphat hinzu, wird der Meßwert des Gesamt-Ca noch stärker erniedrigt. Diese Erniedrigung ist aber wesentlich geringer als die, die bei den anorganischen Modellseren gefunden werden.

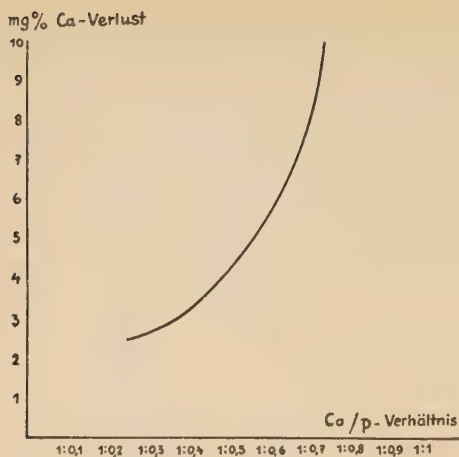
Dies läßt vermuten, daß der hinzugefügte Phosphor in Seren organisch gebunden wird und vielleicht eine eventuelle Ausfällung des Ca nur in verschwindendem Maße stattfindet.

Zur Demonstration des bei steigendem Gehalt (und Überschuß) an Phosphor sich ständig vergrößernden Ca-Verlustes — sowohl bei anorganischen als auch organischen Versuchsseren — diene die folgende Tabelle:

	Verhältnis Ca: P	Ca-Verlust
Organische Lösung	1 : 0,25	2,5%
	1 : 0,7	7,6%
	1 : 0,75	10,0%
Anorganische Lösung	1 : 1,2	39 %
	1 : 1,3	42,5%
	1 : 1,4	45 %
	1 : 1,5	46 %
	1 : 1,55	47,8%
	1 : 1,6	49,0%



Einfluß des Phosphors in
anorganischen Lösungen
Ca (H₂PO₄)₂



Einfluß des Phosphors in
organischen Lösungen
 $\text{Ca} (\text{H}_2\text{PO}_4)_2$

Zusammenfassend läßt sich über den Phosphor-Einfluß sagen:

Wird das Flammenphotometer zur Untersuchung anorganischer Substanzen verwandt, beeinflußt Phosphor die Meßwerte in erheblichem Maße. Bei der quantitativen Analyse des Ca im Serum jedoch hat er keinen entscheidenden Einfluß, da er organisch gebunden ist. Der vorhandene anorganische Phosphor hat in seiner geringgradigen Konzentration keine große Bedeutung, wie man aus der Kurve entnehmen kann. Nur eine ganz extreme Verschiebung des Ca/P-Verhältnisses, wie sie aber in physiologischen Verhältnissen nicht gefunden wird, könnte auf das Ergebnis von Einfluß sein.

C) Feststellung der Normalwerte im Blutserum der Haustiere

1. Allgemeines

Die Bestimmung des Ca, Na und K im Blutserum trägt zur Lösung medizinisch-klinischer Fragestellungen bei. In der Humanmedizin geht man immer mehr dazu über, den K/Ca-Quotienten zu bestimmen.

Das Ca wirkt im Blut kolloidverdichtend und quellungshemmend. Dadurch schränkt es Toxinbildung, Exsudatbildung, Dämpfungen des vegetativen Nervensystems und hyperglykämische Wirkungen ein. Jedoch scheint weniger die absolute Ca-Menge als der K/Ca-Quotient von Bedeutung zu sein (das trifft insbesondere für die als „vegetative Neu-rosen“ bezeichneten Krankheitsbilder zu). (Alder, 3).

Die Na-Ionen besitzen, wenn sie in Überschuß vorhanden sind, eine glykosurische Wirkung. Die Ca-Ionen vermögen diese Glykosurie zu verhindern (Fischer, 4).

Nach Tessner und Turolf (5) ruft K-Übergewicht Tonussteigerungen an Magen und Darmtraktus hervor, während Ca-Übergewicht antagonistisch wirkt. Krämpfe des quergestreiften Muskels nach K-Überdosierung können durch Ca-Zufuhr beseitigt werden.

Ein relatives Übergewicht an Ca in der Zelle soll eine Abdissoziation von H-Ionen, ein relatives Übergewicht an K ein Abdissoziieren von OH-Ionen hervorrufen. Dadurch entsteht in ersterem Falle eine lokale Acidosis, in letzterem eine Alkalose. Vagusreizung ruft im Gewebe K-Anreicherung, Sympaticusreizung Ca-Anreicherung hervor.

Bei Rindern findet man jahreszeitliche Schwankungen der Ca-Konzentration. Auch klimatische Verhältnisse sollen einen Einfluß auf den K/Ca-Quotienten ausüben (Rausch u. Graul, 6).

Die Seren, die den nachstehend beschriebenen Untersuchungen zugrundeliegen, entstammen zum größten Teil Schlachttieren. Das Blut wurde direkt aus der Stichwunde aufgefangen. Ob im Augenblick der Tötung eine vermehrte Ausschüttung von Kationen ins Blut stattfindet, bedarf noch der Untersuchung.

Das Blut muß innerhalb einer Stunde zentrifugiert sein, da sonst Veränderungen des K/Ca-Quotienten auftreten. Der K-Gehalt des Serums steigt an, wenn es längere Zeit über den Erythrozyten stehen bleibt. Es ist also notwendig, das gewonnene Serum sofort von dem zentrifugierten Bodensatz zu trennen. Zwischen Serum und den Erythrozyten findet ein Kationenaustausch statt. Die Erythrozyten sind Ca-arm bis -frei, während ihr K-Gehalt den des Serums um das

Vierfache übersteigt. Das K-Ion hat infolge seiner geringen Hydrationshülle ein besonderes Membranpermeierungsvermögen.

Bei der Hämolyse wird der K-Austausch erheblich gesteigert. Hier sind die K-Werte stark erhöht. Darum muß die Hämolyse durch zu starkes Zentrifugieren unbedingt vermieden werden.

2. Messung

Insgesamt wurden 121 Haustierseren untersucht, und zwar von

34 Rindern,
31 Kälbern,
30 Schweinen,
13 Pferden,
3 Schafen,
3 Ziegen und
7 Hunden.

Die Messungen erfolgten unter den folgenden Bedingungen:

Preßluftdruck 0,5 atü,

Acetylendruck 34 mm Wassersäule,

Begrenzung für Ca (2—10 mg%) 40—200 Teilstr.

für Na (20—50 mg%) 350—500 Teilstr.

für K (1,6—4,2 mg%) 160—420 Teilstr.

Nach jeweils zwei Messungen wurde die Eichung kontrolliert.

Die Seren waren verdünnt

für die Ca-Messung im Verhältnis 1 : 2,

für die Na-Messung im Verhältnis 1 : 10,

für die K- Messung im Verhältnis 1 : 10.

Da die Mittelwerte der Meßergebnisse wenig aussagen, die gemessenen Höchst- und Niedrigstwerte wahrscheinlich pathologischen Seren zu- kommen, gibt die Berechnung der Streuung ein richtigeres Bild der Verteilung der Normalwerte. Die Streuung wurde nach der Formel errechnet:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_1 - x_0)^2 - (m - x_0)^2}$$

σ = mittlere quadratische Abweichung
(= Streuung),

n = Anzahl der Glieder,

x_1 = einzelnes Glied,

x_0 = angenommener Mittelwert,

m = Mittelwert.

Innerhalb des Bereichs

- $\pm 1 \sigma$ liegen 68,27% aller Werte,
- $\pm 2 \sigma$ liegen 95,45% aller Werte,
- $\pm 3 \sigma$ liegen 99,73% aller Werte.

3. Meßergebnisse

Rinder

	Ca mg%	Na mg%	K mg%	K/Ca
Mittelwerte:	10,17	322,28	21,80	2,15
Streuung:	$\pm 0,68$	$\pm 7,61$	$\pm 2,07$	$\pm 0,25$

In dem Bereich von 9,5—10,85 mg% liegen 68,3% der Ca-Werte. Die Variationsstreuung des K/Ca-Quotienten erstreckt sich von 1,9 bis 2,4. Die Streubreite des Na reicht von 314,7—329,9 mg%, die des K von 19,7—23,9 mg%.

Der Serum-Ca-Gehalt tuberculöser Rinder lag jeweils im Streuungsbereich. Der Mittelwert des K/Ca Quotienten der Tbc.Rinder betrug 2,21, die Streuung $\pm 0,79$. Abgesehen von einer größeren Streuung zeigten die Tbc.-Seren also keine Abweichung in ihrem Kationen-Gehalt.

Eine zu erwartende auffällige Erniedrigung der Ca-Werte und eine Erhöhung des K/Ca Quotienten ergab sich für 4 Rinder:

Rind Nr.	Ca	Na	K	K/Ca
I	5,6	311	22,7	4,1
II	7,5	341	24,5	3,3
III	8,7	333	22,8	2,6
IV	7,0	345	18,0	2,6

Das Serum dieser Tiere stammte von Rindern aus Schleswig, die an M.K.S.-Tetanie litten. Auffallenderweise liegen die Na-Werte auch außerhalb des Streuungsbereichs gesunder Tiere. Bemerkenswert ist die Erhöhung des K/Ca Quotienten bei dem Serum eines Rindes, das einen Fremdkörper und schwere eitrige Prozesse in der Lunge aufwies. Der Ca-Gehalt betrug 9,4 mg%, der Gehalt an Na 323 mg%. Sehr stark erhöht war der K-Gehalt. Er betrug 33,6 mg%, der K/Ca-Quotient somit 3,6.

Kälber (30 Tiere)

	Ca mg%	Na mg%	K mg%	K/Ca
Mittelwerte:	10,81	329,2	23,66	2,22
Streuung:	$\pm 0,43$	$\pm 5,6$	$\pm 2,01$	$\pm 0,23$

Gegenüber den Mittelwerten der Rinder liegen die der Kälber sowohl im Ca- als auch im Na- und K-Gehalt höher. Der K/Ca-Quotient entspricht dem des Rindes, ebenso dessen Streuung. Der Bereich erstreckt sich von 2,00—2,45 (Rind 1,90—2,40). Den höchsten K/Ca-Quotienten zeigte ein Kalb, dessen Serum hämolytisch war und der K-Gehalt damit stark erhöht. Auch das Na liegt außerhalb des Streuungsbereiches.

Einen gänzlich anormalen K/Ca-Quotienten zeigte ein Kalb mit 6,6. Der K-Gehalt war erhöht bis auf 46,2 mg%, Na erniedrigt auf 300 mg% und Ca ebenfalls erniedrigt auf 7,0 mg%. Die Untersuchung bei der bakteriologischen Fleischschau ergab Paratyphusinfektion.

Schweine (30 Tiere)

	Ca mg%	Na mg%	K mg%	K/Ca
Mittelwert:	10,97	326,9	27,9	2,57
Streuung:	$\pm 1,03$	$\pm 5,9$	$\pm 3,04$	$\pm 0,43$

Die Streuungsbereiche lagen für:

Ca bei	9,9— 12,0 mg%
Na bei	320,7—332,1 mg%
K bei	24,9— 30,9 mg%
K/Ca bei	2,1— 3,0 mg%

Tuberkulös waren 3 Schweine.

Ihr K/Ca-Quotient lag innerhalb der Variationsbreite. 4 Schweine zeigten einen hohen K/Ca-Quotienten. Die Fleischschau ergab keinen pathologischen Befund.

Der K/Ca-Quotient eines Schweines war erniedrigt auf 1,5. Ein pathologischer Befund wurde ebenfalls nicht erhoben.

Pferde

	Ca mg%	Na mg%	K mg%	K/Ca
Mittelwerte:	12,63	306,5	18,96	1,51
Streuung:	$\pm 1,01$	$\pm 8,53$	$\pm 1,54$	$\pm 0,17$

Die geringe Anzahl der untersuchten Pferde (10) macht es unmöglich, genaue Schlüsse zu ziehen. Der K/Ca-Quotient ist viel kleiner als der der anderen Tiere. Sein Bereich geht von 1,34—1,68, da der K-Gehalt sehr gering und der Ca-Gehalt durchweg sehr hoch war.

Ein Pferd mit einer Druse hatte einen Ca-Gehalt von 12,5 und einen K-Gehalt von 16,7 mg%. Somit ergibt sich ein sehr kleiner K/Ca-Quotient von 1,3. Sein Na war stark erniedrigt und betrug 258 mg%.

Ein Pferd mit Morbus maculosus hatte Werte, die für Ca und Na nicht im Streuungsbereich lagen:

Ca	=	11,2 mg%
Na	=	286 mg%
K	=	17,2 mg%
K/Ca	=	1,5 mg%

Einen stark erniedrigten K/Ca-Quotienten zeigte ein Pferd mit einer Muskelatrophie. Der K-Gehalt war 14,2 mg%. Bei einem Ca-Gehalt von 11,7 mg% betrug somit der Quotient 1,2. Das Na lag ebenfalls außerhalb des Streuungsbereiches.

Hunde	Ca mg%	Na mg%	K mg%	K/Ca
Mittelwerte:	10,8	347	19,1	1,75

Soweit die geringe Zahl der untersuchten Hunde eine Beurteilung zuläßt, ergaben sich obengenannte Mittelwerte.

Bei den Hunden fand ich einen relativ hohen Na-Gehalt.

Drei pathologische Fälle:

	Ca	Na	K	K/Ca
I	7,6	358	22,8	3,0
II	9,4	323	19,3	2,1
III	11,7	(283)	20,1	1,7

Hund Nr. I hatte eine schwere Uraemie. Sein K/Ca-Quotient war 3,00, der K-Gehalt war auf 22,8 mg% gegenüber dem der anderen erhöht, der Ca-Gehalt auf 7,6 mg% erniedrigt.

Hund Nr. II mit einer chron. interstitiellen Nephritis und beginnender Schrumpfnieren, lag mit seinen Werten im normalen Bereich.

Dem Hund Nr. III wurde Blut entnommen, nachdem eine Infektion mit Leptospiren in die vordere Augenkammer gesetzt war. Der Ca-Gehalt war leicht erhöht (auf 11,7), der Na-Gehalt war erniedrigt. K und der K/Ca-Quotient waren normal. Dem gleichen Hund wurde vor der Infektion Liquor entnommen.

Dessen Ca-Gehalt lag bei	4,5 mg%
der des Na	bei 321 mg%
und der des K	bei 15,1 mg%

Mehrere Stunden nach der Infektion zeigte sich insofern eine Verschiebung der Kationenverhältnisse, als der Ca-Gehalt auf 5,9 mg% anstieg,

der des Na auf 276 mg%
und der des K auf 11,1 mg% absanken.

Der Quotient hatte sich von 3,4 auf 1,9 verändert.

Als Normalwerte für Liquor werden von Mond (7) für den Menschen angegeben:

Ca = 4,4—6,8 mg%,

K = 10,5—16,9 mg%.

Na entspricht dem Serum-Gehalt.

Von Mond (7) wird Dunker und Passow zitiert, wonach mit der flammenphotometrischen Methode sich folgende Werte ergaben:

Ca = 5,0 (4,4—6,1) mg%

Na = 337 (320 — 358) mg%

K = 10,7 (9,5—11,8) mg%.

Schafe

Schaf Nr.	Ca	Na	K	K/Ca
1	11,0	336	25,7	2,3
2	9,7	329	25,7	2,65
3	10,9	338	27,8	2,6
Mittelwerte:	10,5	334,3	26,5	2,51

Ziegen

Ziege Nr.	Ca	Na	K	K/Ca
1	11,4	329	19,8	1,7
2	10,7	319	20,0	1,9
3	10,3	327	20,6	2,0
Mittelwerte:	10,8	325	20,1	1,87

Der Kationengehalt der Schafe und Ziegen zeigt normale Verhältnisse. Wegen der geringen Zahl der untersuchten Seren sind allgemeingültige Schlüsse nicht zulässig.

4. Vergleichsuntersuchungen

a) Bisher angegebene Werte

Rausch und Graul (6) haben die bisher angegebenen Werte von Ca und K gesammelt. Für Ca schwanken die Werte von 8,4 (Albis) bis 13,2 mg% (Haverschmidt), für K von 17,0 bis 22,0 mg%.

Leider fehlen die Angaben über die Meßmethoden und über die Streuungen.

b) Prüfung der eigenen Ergebnisse

Um die oben angeführten Ergebnisse der Untersuchungen an Haustierseren hinsichtlich ihrer Genauigkeit zu prüfen, wurden 8 verschie-

dene Rinderseren sowohl in der Hautklinik der Medizinischen Akademie Gießen (flammenphotometrisch), in der Medizinischen Klinik der Medizinischen Akademie Gießen (chemische Bestimmungsmethode) als auch von mir (Vet.-Physiologie) gemessen und die Ergebnisse verglichen.

Ca

	Rinder-Serum		Med.Klinik	Hautklinik	
	Nr.	Vet.Phys.			
	1	10,2	11,2	10,4	
	2	10,4	10,9	10,6	
	3	10,5	10,7	11,0	
	4	9,2	10,7	10,5	
	5	9,8	11,2	10,0	
	6	10,1		10,4	
	7	10,6	11,6	10,8	10,7
	8	10,4	10,8	9,9	10,1
Veränderte Seren	2a	11,9	12,3	11,6	12,1
	8a	11,7	12,2	11,6	11,7
Mittelwerte der Seren 1—8		10,15	11,01	10,45	

Rinder-Serum		Na		K	
Nr.	Vet.Phys.	Haut-Kl.		Vet.Phys.	Haut-Kl.
1	319	330		20,8	20,2
2	327	335		24,7	24,2
3	320	330		20,8	20,9
4	311	347		17,9	18,9
5	319	330		23,3	23,3
6	319	330		17,3	18,7
7	326	333	332	18,2	19,7
8	306	319	322	22,3	22,2
Veränderte Seren	2a	256	312 270	19,5	20,0
	8a	248	270 270	17,2	18,3
Mittelwerte der 8 Seren		318,4	331,8	20,7	21,0
Durchschnittl. Differenz meiner Werte zu denen der Haut-Kl.			13,4		0,3

Die Werte der Ca-Messung liegen durchschnittlich um 0,3 mg% niedriger als die der Hautklinik und um 0,8 mg% niedriger als die der Medizinischen Klinik.

Die eigenen Na-Werte liegen um 13,4 mg% und die K-Werte um 0,3 mg% niedriger als die der Hautklinik.

Die veränderten Seren Nr. 2a und 8a enthielten einen Zusatz von 0,2 mg% Ca und 0,39 mg% P. Die nachstehende Tabelle zeigt das Ergebnis der vergleichenden Untersuchungen in den verschiedenen Kliniken:

2a	Grundserum mg%	Theoret. er- rechn. Gehalt an Ca nach Zusatz von Ca (H ₂ PO ₄) ₂	Ca/P.	Gemessener Gehalt mg%	Ca-Verlust mg%	Verlust in %
Vet.Phys.	10,4	12,32	1:0,50	11,9	0,42	3,4
Med.Kl.	10,9	12,72	1:0,48	12,3	0,42	3,3
Haut-Kl.	10,6	12,48	1:0,49	11,6	0,88	7,0

3a	Grundserum mg%	Theoret. er- rechn. Gehalt an Ca nach Zusatz von Ca (H ₂ PO ₄) ₂	Ca/P.	Gemessener Gehalt mg%	Ca-Verlust mg%	Verlust in %
Vet.Phys.	10,40	12,32	1:0,5	11,7	0,62	5,0
Med.Kl.	10,8	12,64	1:0,49	12,2	0,44	3,2
Haut-Kl.	9,9	11,92	1:0,52	11,6	0,32	2,69

Die Ergebnisse bei der Messung des Ca-Verlustes differieren. Ein Ca-Verlust trat jedoch sowohl bei der flammenphotometrischen als auch bei der chemischen Ca-Bestimmung auf.

Betrachtet man alle Vergleichsuntersuchungen (auch die von verschiedenen Autoren angegebenen Durchschnittswerte), so findet man die Differenz zwischen den Ergebnissen der beiden flammenphotometrischen Methoden nicht sehr groß. Diese Tatsache ist umso interessanter, als die Apparaturen sich gänzlich unterscheiden und auch die Methode unabhängig voneinander unterschiedlich entwickelt wurde. Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen liegen jedoch im Durchschnitt um 0,8 mg% höher als die unsrigen.

Zusammenfassung

1. Bei flammenphotometrischen Untersuchungen (bei Verwendung der von Pigor (1) angegebenen Meßmethode) werden die Ca-Werte durch K-Anwesenheit nicht, durch Na-Anwesenheit jedoch erhöht. Mit Hilfe einer Parameterdarstellung läßt sich die Korrektur durchführen. Das Korrekturglied für die Meßwerte des Na (Einfluß von Ca) beträgt $-3,3\%$, für die K-Werte (Einfluß des Ca und Na) $-15,8\%$ bei physiologischen Verhältnissen.
2. Phosphor beeinflusst in anorganischen Lösungen die Werte des Ca in erheblichem Maße (Erniedrigung). Bei Messungen an Seren jedoch ist dieser Einfluß sehr klein und kann vernachlässigt werden.
3. Die Flammenphotometrie hat sich als eine durchaus brauchbare Methode zur quantitativen Bestimmung des Ca, Na und K im Blutserum der Haustiere erwiesen, nachdem die erforderlichen Korrekturen vorgenommen wurden. Es werden Normalwerte angegeben.

Der Vorteil der Flammenphotometrie liegt in der schnellen Durchführungsmöglichkeit der Untersuchungen und in den genauen Ergebnissen.

Vergleiche mit unabhängig voneinander durchgeführten Messungen mit Hilfe von verschiedenen flammenphotometrischen Geräten und Methoden zeigen praktisch keine Unterschiede.

Ich möchte Herrn Professor Dr. Valentin Horn, Direktor des Veterinär-Physiologischen Institutes der Justus Liebig-Hochschule, Gießen, für seine Hilfe danken, die er mir in allen Schwierigkeiten angedeihen ließ und mir dadurch die erfolgreiche Vollendung meiner Dissertation ermöglichte.

Besonders danke ich Herrn Dozenten Dr. Dr. Boguth für seine fruchtbaren Anregungen und seine Unterstützung in allen Schwierigkeiten.

Herrn Dr. Herrmann, Hautklinik der Medizinischen Akademie, Gießen, gilt mein Dank für die bereitwillige Vermittlung seiner Erfahrungen auf dem Gebiete der Flammenphotometrie.

Weiterhin danke ich Herrn Dr. Eder, Assistent in dem Veterinär-Physiologischen Institut, Gießen, für seine Hilfe.

Literatur

1. Pigor, E.: Dissertation Gießen 1954.
2. Belke u. Dierkesmann, Eine flammenphotometrische Methode zur Bestimmung von Ca, Na und K in biologischen Flüssigkeiten. Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie. 205. Band, Heft 4—5. 1948.
3. Alder: Mineral. Bestandteile des Blutserums. Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie.
4. Fischer: Pflügers Archiv für die ges. Phys. Band 106, 1905.
5. Teßner u. Turolt: Z. f. ges. exp. Med. Bd. 24, 1921.
6. Rausch u. Graul: Fehlerkritische Untersuchungen an blutchem. Bestimmungsmethoden. Ärztl. Wochenschrift Bd. 4, 1949.
7. Mond: Klin. Wochenschrift. Heft 3/4, 30. Jahrgang.

Lebenslauf

Ich wurde am 28. August 1926 als Sohn des Volksschullehrers Arthur Schütz, und seiner Frau Margarete, geb. Kahle, in Briesnitz, Kreis Sprottau, geboren. 4 Jahre besuchte ich die Volksschule in Bolkenhain in Schlesien und ging 1937 zur Mittelschule im gleichen Ort. 1940 trat ich in die 4. Klasse der Oberschule für Jungen in Striegau/Schlesien ein. Juli 1944 verließ ich diese Schule mit der Versetzung nach der Klasse 8 wegen meiner Einberufung zur Wehrmacht, nachdem ich vom 1. 9. 43 bis 10. 1. 1944 als Luftwaffenhelfer in Stettin eingesetzt war und vom 10. 2. 1944 bis 24. 4. 44 RAD-Dienst leistete.

Im November 1946 kehrte ich aus russischer Kriegsgefangenschaft zu meinen inzwischen aus Schlesien vertriebenen Eltern heim und holte mein Abitur auf der Oberschule für Jungen in Lüdinghausen im März 1948 nach.

Im November 1948 begann ich mein Studium an der naturwissenschaftlichen Fakultät der Justus Liebig-Hochschule und wechselte im Sommersemester 1949 zur veterinär-medizinischen Fakultät über. Im Mai 1950 legte ich den naturwissenschaftlichen Abschnitt und im Oktober 1950 den anatomisch-physiologischen Abschnitt der tierärztlichen Vorprüfung ab. Im Wintersemester 1951/52 studierte ich in Wien an der tierärztlichen Hochschule und beendete mein Studium in Gießen im Juli 1953 mit der tierärztlichen Prüfung. Nach Abschluß des praktischen Halbjahres erhielt ich am 5. April 1954 die Approbation.

